

---

transport infrastructure." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 832. No. 1. IOP Publishing, 2020.

4. Outay, Fatma, Hanan Abdullah Mengash, and Muhammad Adnan. "Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges." *Transportation research part A: policy and practice* 141 (2020): 116-129.

**УДК 629.735**

**Руслан Петрович ЯКОВЛЄВ,**

*директор Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, м. Кременчук, Україна*

*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3788-2583>*

## **МЕТОДИ І ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З УМОВАМИ НЕДОСТАТНЬОЇ ВИДИМОСТІ НА ҐРУНТОВИХ АЕРОДРОМАХ**

Посадка в умовах недостатньої видимості (УНВ) – один з найскладніших елементів пілотування вертольота, що пов'язано з підвищеним ризиком аварії і людських жертв. Під УНВ розуміється слабка або нульова оптична видимість обстановки, обумовлена будь-яким з таких факторів або їх поєднанням: слабка освітленість, несприятливі метеорологічні умови (туман, заметіль та інше), зчинений гвинтом вертольота вихор твердих частинок. Останній фактор становить особливу небезпеку[1]. Посадка вертольота в УНВ небезпечна тим, що змушує пілота покладатися на власні відчуття і бортові навігаційні прилади, даних від яких найчастіше виявляється недостатньо.

При посадці на сухий ґрунт повітряний струмінь від несучого гвинта вертольота піднімає тверді частинки, що критично знижує видимість і може призвести до неправильного оцінювання пілотом положення вертольота щодо землі, крім того можуть залишитися непоміченими перешкоди в зоні посадки. Термін «курний вихор» (brownout) описує це явище при посадці або зльоті на сухій поверхні (рис. 1).

В умовах ґрунтових аеродромів як засоби боротьби з курним вихором використовують [2]:

- створення трав'яного покриву;
- поливання водою;
- біофізико-механічний спосіб;
- маслорітумні або бітумні емульсії;
- хімічні реагенти.

Проведений аналіз інформації щодо втрат вертольотів під час проведення військових операцій в Афганістані (2001–2020 рр.) та Іраку (2003–2010 рр.) (табл. 1) [3] показав, що використання лише вище зазначених засобів недостатнє. Це пов'язане зі складними кліматичними умовами, ерозією ґрунтів навколо аеродрому, неможливістю забезпечити своєчасну обробку поверхонь

злітно-посадкового майданчика та його підвищену інтенсивність використання.



Рисунок 1 – Курний вихор, здійснений АН-64А Apache під час приземлення на злітно-посадковий майданчик, Ірак 2003 рік

Таблиця 1 – Втрати вертольотів в Афганістані (2001–2020 рр.) та Іраку (2003–2010 рр.)

| Рік  | Афганістан               |   |             | Ірак                     |   |             |
|------|--------------------------|---|-------------|--------------------------|---|-------------|
|      | Загальна кількість втрат | Втрати через недостатню видимість під час приземлення | Відсоток, % | Загальна кількість втрат | Втрати через недостатню видимість під час приземлення | Відсоток, % |
| 2001 | 3                        | 3   | 100,0       | –                        | –   | –           |
| 2002 | 7                        | 2   | 28,6        | –                        | –   | –           |
| 2003 | 5                        | 0   | 0,00        | 22                       | 2   | 9,1         |
| 2004 | 6                        | 2   | 33,3        | 20                       | 3   | 15,0        |
| 2005 | 9                        | 2   | 22,2        | 11                       | 0   | 0           |
| 2006 | 4                        | 0   | 0,0         | 12                       | 1   | 8,3         |
| 2007 | 6                        | 2   | 33,3        | 10                       | 0   | 0           |
| 2008 | 9                        | 1   | 11,1        | 3                        | 0   | 0           |
| 2009 | 14                       | 3   | 21,4        | 3                        | 0   | 0           |
| 2010 | 10                       | 0   | 0,0         | 3                        | 0   | 0           |
| 2011 | 14                       | 2   | 14,3        | –                        | –   | –           |
| 2012 | 12                       | 2   | 16,7        | –                        | –   | –           |
| 2013 | 6                        | 1   | 16,7        | –                        | –   | –           |
| 2014 | 3                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2015 | 1                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2016 | 0                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2017 | 1                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2018 | 0                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2019 | 2                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |
| 2020 | 5                        | 0   | 0           | –                        | –   | –           |

На підставі наведених статистичних даних у табл. 1 побудована математична модель, що описує динаміку втрат вертольотів через недостатню видимість під час приземлення, має вигляд:

---

$$y(x) = -4 \cdot 10^{-5} \cdot x^6 + 0,0013 \cdot x^5 - 0,0098 \cdot x^4 + 0,8754 \cdot x^2 - 3,6881 \cdot x + 5,9161. \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації цієї математичної моделі складає  $R^2 = 0,9339$ , що свідчить про достовірність розробленої моделі. Модель (1) може використовуватись на практиці для прогнозування кількості втрат вертольотів через недостатню видимість під час їх посадки.

Технологічні рішення проблеми безпечної посадки вертольота в умовах недостатньої видимості знаходяться на різних етапах готовності. Всі існуючі прототипи розраховані на встановлення лише на вертоліт додаткового обладнання (синтетичний зір (synthetic vision), активна РЛС міліметрового діапазону, лідари) [4, 5].

Однак слід зазначити, що можливим шляхом вирішення цієї проблеми є встановлення додаткового обладнання на посадковому майданчику. Це рішення є більш економічно обґрунтованим, оскільки один майданчик може використовуватися для кількох вертольотів, та поєднання бортових систем з інфрачервоним випромінюванням підвищить безпеку посадки в умовах недостатньої видимості.

Отже, можна зробити висновки:

1. Посадка вертольота в умовах недостатньої видимості в складному кліматі пов'язана з істотним ризиком аварії.

2. Існуючі прототипи безпечної посадки вертольота в умовах недостатньої видимості не вирішують проблему у повному обсязі.

3. Розроблено математичну модель динаміки втрат вертольотів, використання якої дозволить здійснювати прогнозування кількості втрат вертольотів через недостатню видимість під час посадки.

4. Використання наземного супроводження процесу посадки з інфрачервоним випромінюванням є актуальним для протидії УНВ на ґрунтових аеродромах та за складних кліматичних умов.

#### Список літератури

1. Wadcock, Alan J., et al. Rotorcraft downwash flow field study to understand the aerodynamics of helicopter brownout. National aeronautics and space administration moffett field ca ames research center, 2008.

2. Степура В. С., Белятинський А.О., Кужель Н.В. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. К. : НАУ, 2013. 204 с.

3. Marion, Forrest L. "Comparing and Contrasting USAFCENT's Air Advising Mission in Iraq and Afghanistan, 2005-2015." Air Power History 66.2 (2019): 15-30.

4. Prophète C., Pierrat R., Sik H., Kling E., Carminati R., & de Rosny J. (2018). Modeling of an active terahertz imaging system in brownout conditions. Applied optics, 57(21). pp. 6017-6026.

5. Geng, C., Li, F., Zuo, J., Liu, J., Yang, X., Yu, T., ... & Li, X. (2020). Fiber laser transceiving and wavefront aberration mitigation with adaptive distributed aperture array for free-space optical communications. Optics letters, 45(7). pp. 1906